

الفيزياء الطبية

كلية الصيدلة

الضوء الهندسي - الانكسار

الدكتور المهندس يحيى لحفي

5

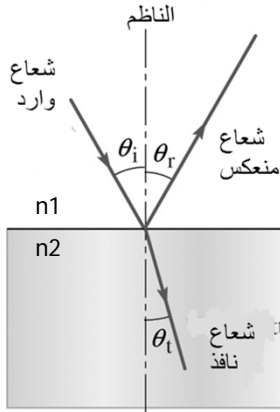
المحتوى

- ▶ قانون الانكسار
- ▶ الانعكاس الكلي الداخلي والزوايا الحرجة
- ▶ الكاسر الكروي
- ▶ العدسات الرقيقة
- ▶ تشكيل الخيال في العدسات الرقيقة

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

2

قانون الانكسار



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

- يقع الشعاع الوارد والمنكسر والناظم على السطح في مستوي واحد.
- تكون النسبة بين جيب زاوية الورد وجيب زاوية الانكسار ثابتة وتساوي النسبة بين قرينتي انكسار الوسطين

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

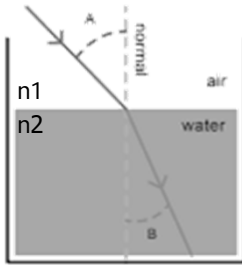
- يمكن تقريب قيمة جيب الزاوية بالزاوية نفسها (مقدرة بالراديان) عندما تكون الزوايا صغيرة بشكل كافي

$$n_1 \theta_i = n_2 \theta_t$$

$$\frac{\theta_i}{\theta_t} = \frac{n_2}{n_1}$$

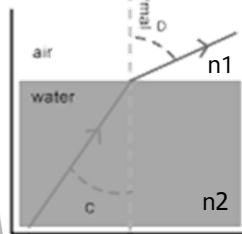
3

ظاهرة الانكسار Refraction



- إذا ورد الضوء من وسط أقل كسراً (هواء مثلاً) إلى وسط أشد كسراً (زجاج مثلاً) فإن الضوء المنكسر يقترب من الناظم.

$$\frac{\sin A}{\sin B} = \frac{n_2}{n_1} > 1 \rightarrow A > B$$



- إذا ورد الضوء من وسط أشد كسراً (ماء مثلاً) إلى وسط أقل كسراً (هواء مثلاً) فإن الضوء المنكسر يبتعد عن الناظم.

$$\frac{\sin C}{\sin D} = \frac{n_2}{n_1} < 1 \rightarrow D > C$$

- إذا ورد الضوء وفق الناظم فإنه لا ينكسر ضمن الوسط ويبرز عمودياً على السطح الآخر من الكاسر

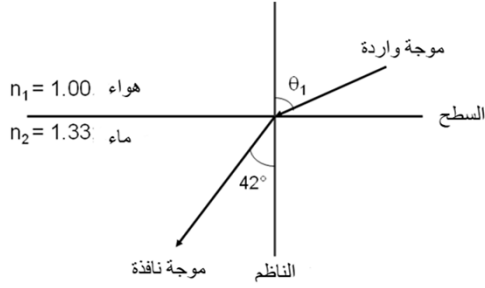


الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

4

مثال 1

► يسقط ضوء الشمس على سطح بحيرة. يرى غواص الشمس بزاوية 42° بالنسبة إلى الشاقول. ما الزاوية التي تصنعها أشعة الشمس في الهواء مع الشاقول؟



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$(1.00) \sin \theta_1 = (1.333) \sin 42^\circ$$

$$\sin \theta_1 = 0.8920$$

$$\theta_1 = 63.1^\circ$$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

5

مثال 2

► يسقط ضوء الشمس على شريحة زجاجية ثخانتها t وقرينة انكسارها n_2 فيمر عبرها منكسراً المطلوب أوجد:

► مقدار زاوية الشعاع الصادر عن الشريحة

► المسافة الفاصلة بين الشعاع الوارد والمنكسر الخارج منها d .

► الحل:

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$$

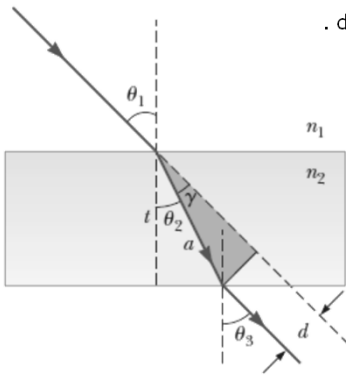
$$\sin \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 \right) = \sin \theta_1$$

$$a = \frac{t}{\cos \theta_2}$$

$$d = a \sin \gamma = a \sin (\theta_1 - \theta_2)$$

$$d = \frac{t}{\cos \theta_2} \sin (\theta_1 - \theta_2)$$



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

6

ظاهرة الانكسار Refraction

► مبدأ عكسية الضوء:

- إذا عكس الضوء المنكسر اتجاهه فإنه سيسلك نفس الطريق الذي ورد منه
- يفسر ذلك بالتناظر بين المعادلتين:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \text{const}$$

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

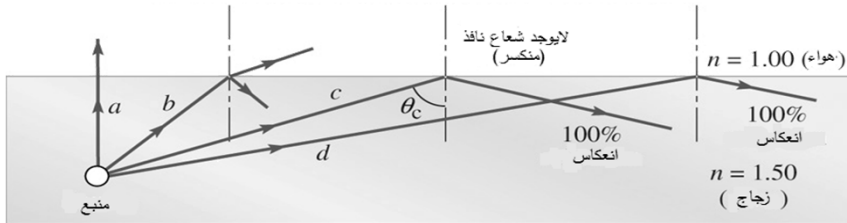
- شدة الانعكاس R: نسبة طاقة الحزمة المنعكسة من الضوء إلى طاقة الحزمة الواردة.
- شدة النفاذ T: نسبة طاقة الحزمة النافذة ضمن الوسط إلى طاقة الحزمة الواردة.
- وبالتالي: $R+T=1$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

7

الانعكاس الكلي الداخلي والزاوية الحرجة

- إذا ورد شعاع من وسط أشد كسراً للضوء إلى وسط أقل كسراً بزاوية ورود أكبر من أو تساوي زاوية حرجة معينة، فلن تكون ثمة موجة منكسرة في الوسط الآخر، وستنعكس الموجة كلياً عند السطح الفاصل دون أن تبرز من الوسط.



$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90$$

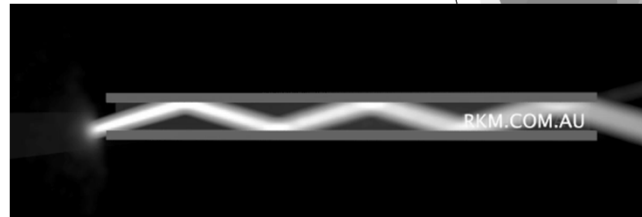
$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

- يستعمل الانعكاس الكلي الداخلي في الألياف الضوئية التي تنقل إشعاع الليزر إلى داخل الجسم للتنظير أو التصوير أو المعالجة.

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

8

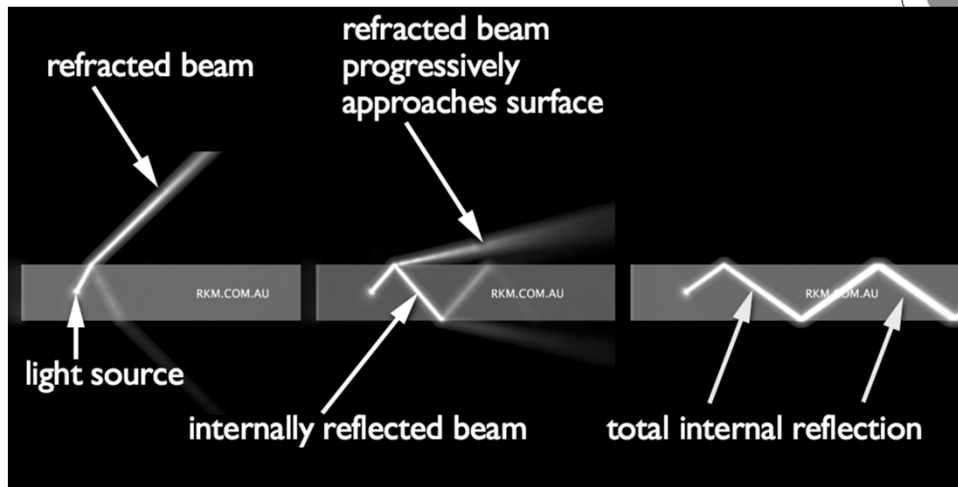
الانعكاس الكلي في الألياف الضوئية



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

9

الانعكاس الكلي في الألياف الضوئية



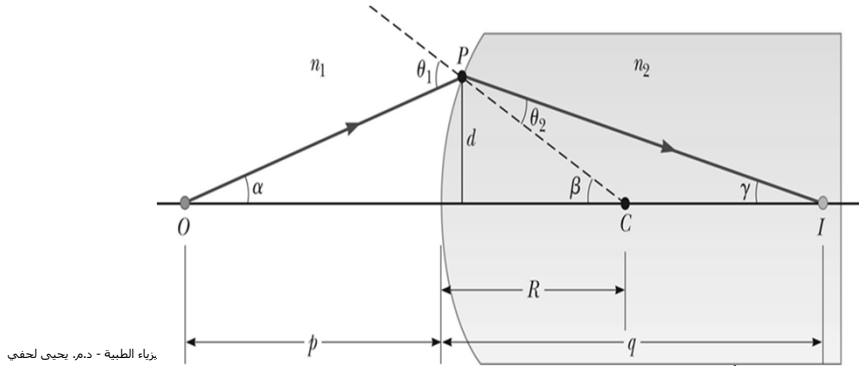
الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

10

الكاسر الكروي

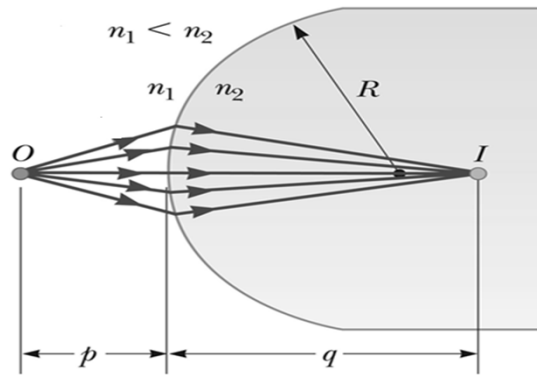
▶ خصائص السطح الكاسر الكروي:

- ▶ نصف قطره R،
- ▶ يفصل بين وسطين شفافين مختلفين بقربنتي انكسارهما n_1 و n_2 ،
- ▶ محوره الضوئي OC،
- ▶ الأشعة الضوئية التي تنتشر وفق المحور الضوئي للكاسر الكروي تعبره من دون انكسار.



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

الكاسر الكروي



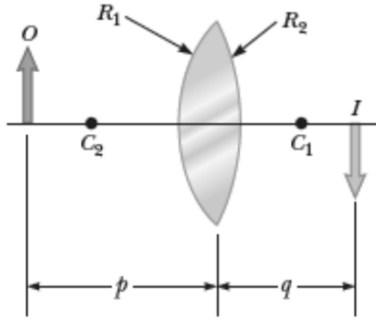
▶ تنكسر الأشعة الصادرة عن الجسم الضوئي عند التقائها بسطح الكاسر الكروي وتتجمع في نقطة الخيال.

▶ يرتبط بعد الخيال ببعد الجسم بالعلاقة: $\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R}$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

12

العدسات الرقيقة



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

- ▶ العدسة هي مجموع كاسرين كرويين للضوء
- ▶ العدسة الرقيقة هي العدسة التي تكون ثخانتها صغيرة مقارنة بنصفي قطري انحنائها وبالتالي يهمل ثخنها.
- ▶ تستخدم العدسات في العديد من الأجهزة البصرية كالمصوّرات Cameras والمقاريب Telescopes والمجاهر Microscopes.
- ▶ يخضع الضوء المار في عدسة رقيقة الانكسار على السطحين الكاسرين الكرويين لها، والخيال الذي يشكله أحد السطحين الكاسرين يؤدي دور جسم للسطح الآخر.
- ▶ البعد المحراقي لعدسة رقيقة: هو بعد الخيال الموافق لبعد جسم يقع في اللانهاية بالنسبة للعدسة.

13

معادلة صانعي العدسات

- ▶ تتميز العدسة الرقيقة بـ:
 - ▶ قرينة انكسارها n
 - ▶ بأنصاف أقطار السطحين الكرويين المشكلين لها:
 - ▶ R_1 : نصف قطر انحناء العدسة من جهة الجسم
 - ▶ R_2 : نصف قطر انحناء السطح الآخر
- ▶ تدعى المعادلة التالية بمعادلة صانعي العدسات وتستخدم في تحديد قيمتي R_1 و R_2 من أجل حالة معينة لقرينة الانكسار
- ▶ العلاقة بين البعد البؤري وبعد الجسم وبعد الخيال هي نفسها في حالة المرآة

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

14

أنواع العدسات الرقيقة

- ▶ العدسة الرقيقة محدبة الوجهين (أو العدسة المكبرة)
- ▶ العدسة الرقيقة مقعرة الوجهين (أو العدسة المبعدة)

Biconvex



العدسة الرقيقة محدبة الوجهين

Biconcave



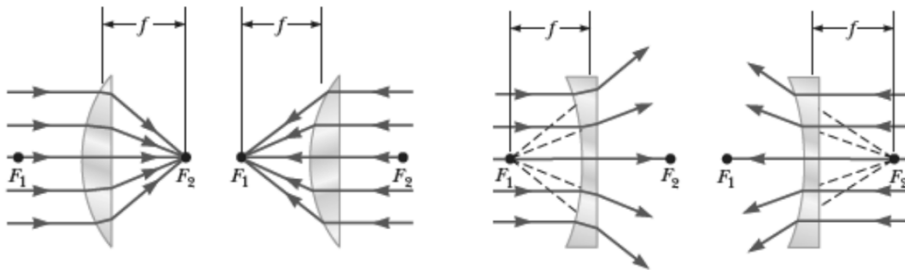
العدسة الرقيقة مقعرة الوجهين

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

15

البعدان المحرقيان في العدسة الرقيقة

- ▶ بما أنه يمكن أن يدخل الضوء من أي وجه من وجهي العدسة فإنه يوجد لكل عدسة بعدان محرقيان

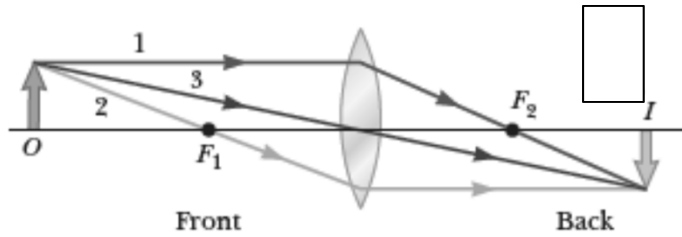


الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

16

تشكيل الخيال في العدسات الرقيقة

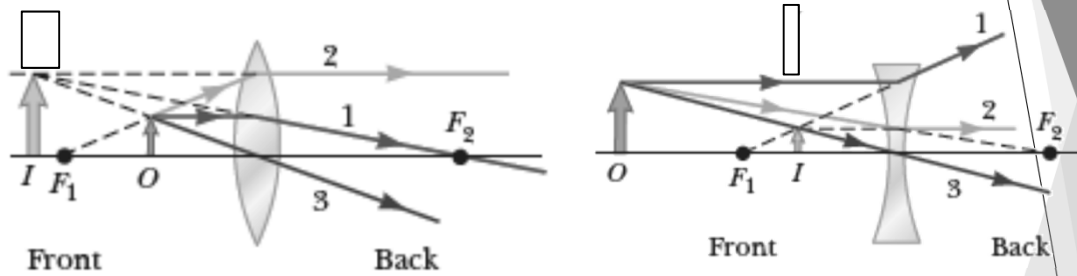
- ▶ يتم رسم الخيال باستخدام ثلاث أشعة ضوئية:
- ▶ موازي للمحور الضوئي وبالتالي يمر من محرق العدسة F_2
- ▶ يمر بمركز العدسة وبالتالي لا يعاني من أي انكسار
- ▶ يمر من المحرق الجسمي F_1 للعدسة وبالتالي ينكسر ليصبح موازياً للمحور الضوئي لها



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

17

تشكيل الخيال في العدسات الرقيقة



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

18

المقدار	يكون موجباً عندما	يكون سالباً عندما
موقع الجسم (p)	الجسم أمام العدسة (جسم حقيقي)	الجسم خلف العدسة (جسم وهمي)
موقع الخيال (q)	الخيال خلف العدسة (خيال حقيقي)	الخيال أمام العدسة (خيال وهمي)
ارتفاع الخيال (h')	الخيال صحيح	الخيال مقلوب
أنصاف أقطار العدسات R ₁ و R ₂	يقع مركز التقعر خلف العدسة	يقع مركز التقعر أمام العدسة
البعد المحرقى (f)	العدسات المقربة	العدسات المبعدة

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

مثال

► عدسة مقربة بعدها المحرقى f=10 cm تستخدم لتشكيل أخیلة لأجسام وضعت على مسافات مختلفة هي 5 و 10 و 30 سم
أوجد بعد الخيال والتكبير في كل حالة

► نستخدم معادلة صانعي العدسات:

خيال مقلوب وأصغر من الجسم

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{1}{30} + \frac{1}{q} \Rightarrow q = +15 \text{ cm}$$

خيال حقيقي

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{-q}{p} = \frac{-15}{30} = -0,5$$

لا يتشكل خيال في هذه الحالة

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{10} + \frac{1}{q} \Rightarrow q = \infty$$

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{-q}{p} = \frac{\infty}{10} = \infty$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{5} + \frac{1}{q} \Rightarrow q = -10 \text{ cm}$$

خيال وهمي

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{-q}{p} = \frac{-(-10)}{5} = +2$$

خيال صحيح وأكبر من الجسم بمبرتين

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

المراجع

- ▶ الفيزياء للسنة التحضيرية في الكليات الطبية، وزارة التعليم العالي، د.سهام طرابيشي وآخرين، 2016
- ▶ محاضرات الفيزياء للسنة التحضيرية. د. سهام طرابيشي
- ▶ محاضرات فيزياء التصوير التشخيصي، د.م. يحيى لحفي، ماجستير الفيزياء الطبية، قسم الفيزياء، كلية العلوم ، 2017